

PENGARUH TEMPERATUR PADA PIROLISIS TANDAN KOSONG SAWIT(TKS) MENJADI BIO-OIL DENGAN KATALIS HZSM-5

Aman, Sunarno

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Pekanbaru 28293
aman_syam@yahoo.co.id

Abstrak

Untuk mengatasi permasalahan ketergantungan Indonesia pada bahan bakar fosil sudah saatnya melakukan pengembangan sumber bahan bakar alternatif terbarukan. Salah satu bahan bakar terbarukan adalah bio oil yang dapat dihasilkan melalui proses pirolisis. Untuk memperoleh bio oil yang berkualitas perlu pirolisis katalitik. Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh temperature pirolisis dengan katalis HZSM-5 terhadap yield bio oil dan menentukan karakteristik fisika dari bio oil yang dihasilkan. Pirolisis tandan kosong sawit dilakukan pada temperature 290,300,310,320⁰C dengan rasio berat katalis HZSM-5/biomassa 2%. Jumlah biomassa tandan kosong sawit yang dimasukkan dalam reaktor adalah 50 gram dan silinap sebagai termo oil sebanyak 1 liter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin tinggi temperature pirolisis maka jumlah yield makin naik, dengan yield tertinggi 73,6% pada suhu 320⁰C. Bio oil yang diperoleh mempunyai densitas 1.008 gr/ml, viskositas 12.63 cp, titik nyala 49⁰ C.

Key Words : Bio oil, HZSM-5, Pirolisis dan TKS.

PENDAHULUAN

Jumlah konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia terus meningkat secara signifikan sedangkan cadangan minyak bumi Indonesia terus berkurang. Sejak tahun 2003 konsumsi BBM di Indonesia lebih besar dari pada produksi sehingga Indonesia mengalami defisit BBM. Produksi BBM Indonesia pada tahun 2009 sebesar 1,021 juta barel perhari, sedangkan konsumsi BBM mencapai 1,344 juta barel perhari [BP *Statistical Review of World Energy*, 2010]. Untuk mengatasi permasalahan ketergantungan Indonesia pada bahan bakar fosil sudah saatnya melakukan pengembangan sumber bahan bakar alternatif terbarukan.

Pembuatan bahan bakar cair alternatif dapat diperoleh dari pengolahan

Seiring kebutuhan energi yang terus meningkat maka limbah-limbah biomassa berpotensi digunakan sebagai bahan bakar alternatif [Yaman, 2003]. Negara tropis seperti Indonesia mempunyai biomasa yang berlimpah, kira-kira 250 milyar ton/tahun yang dihasilkan dari biomasa hutan dan limbah pertanian [Detrina dkk, 2006]. Sedangkan untuk limbah tandan kosong sawit (TKS) di Indonesia jumlahnya sekitar 6 juta ton pada tahun 2004 [Ditjen PPHP, 2006]. Upaya meningkatkan kualitas bahan bakar dari biomassa adalah melalui proses pirolisis [Gayubo *et al*, 2005].

biomassa menjadi bio-oil melalui proses pirolisis katalitik selektif telah

dilakukan oleh Hyun *et al* [2009]. Beberapa katalis yang juga digunakan pada proses perengkahan yaitu HZSM-5, Zeolit β dan ultrastabil Y (USY). Dari ketiga jenis katalis ini ternyata HZSM-5 yang menghasilkan konversi dan yield produk yang terbesar [Twaiq *et al*, 2003]. Propinsi Riau menghasilkan limbah padat sawit terbesar dengan total luas perkebunan di Riau 1.674.845 Ha dengan produksi kelapa sawit sebesar 5.777.494,99 ton [Dinas Perkebunan Provinsi Riau]. Tandan kosong sawit (TKS) adalah salah satu produk samping pabrik kelapa sawit yang jumlahnya cukup besar yaitu mencapai 30-35% dari berat tandan buah segarnya [Hussain dkk, 2006]. Selama ini TKS lebih banyak digunakan sebagai pupuk, bahan bakar boiler serta bahan baku karbon aktif. Carlson dkk [2008] telah melakukan penelitian menggunakan beberapa jenis katalis untuk memperoleh senyawa yang dapat digunakan selanjutnya dalam pembuatan bensin. Penggunaan katalis ZSM-5 memperlihatkan hasil yang lebih baik dibandingkan jenis

katalis lainnya. Namun, *yield* yang diperoleh pada penelitian ini masih rendah, yaitu dibawah 50 persen. Carlson menyarankan agar dilakukan kombinasi katalis untuk memperoleh hasil yang lebih baik. Pada penelitian ini ZSM-5 (Si/Al=30) diubah bentuknya menjadi HZSM-5 dengan cara pertukaran ion dengan larutan NH_4NO_3 [Lacheen *et al*, 2005]. Modifikasi katalis ZSM-5 menjadi HZSM-5 dapat meningkatkan aktivitas dan selektivitas katalis [Singh *et al*, 2003]. ZSM-5 disintesis dengan prosedur yang sama seperti yang dilakukan Misidian [2009]. Dari penelitian tersebut, silika terpresipitasi dari abu sawit dapat menghasilkan ZSM-5 yang disintesis pada suhu 175 °C, nisbah molar Si/Al 30 selama 18 jam dengan menggunakan *autoclave oil batch*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh temperatur pada pirolisis tandan kosong sawit menjadi bio oil dengan katalis HZSM-5 dan menentukan sifat fisis dari bio oil yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

a. Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *fly ash* PTPN V Sei Galuh, larutan HCl 10 N, NaOH, $\text{Al}(\text{OH})_3$, aquades, NH_4NO_3 , tandan kosong sawit,

gas nitrogen, silinap 280M (PERTAMINA). Sedangkan Alat-alat yang digunakan yaitu *autoclave*, termokopel, *water bath*, kondenser, furnace, reaktor

pirolisis, viskosimeter, piknometer dan *cleveland flash*.

b. Metode

Tahapan pembuatan HZSM-5 meliputi pembuatan ZSM-5, pembuatan HZSM-5 dan uji kinerja katalis. Sintesis ZSM-5 mengacu pada prosedur yang telah dilakukan oleh Misidian [2009] dengan kondisi suhu 175 °C, Si/Al 30 selama 18 jam. Terlebih dahulu akan dilakukan pembuatan silika terpresipitasi dan natrium aluminat.

Persiapan Bahan Baku

Pembuatan silika terpresipitasi menggunakan bahan baku abu sawit/*fly ash*. Abu sawit/*fly ash* yang berasal dari pabrik pengolahan sawit dikonversi menjadi silika terpresipitasi dengan cara yang telah dilakukan oleh Firdaus [2009]. Abu sawit terlebih dahulu di furnace pada suhu 400 °C hingga diperoleh abu yang memiliki warna abu-abu. *Furnace* bertujuan menghilangkan karbon yang terkandung di dalam abu. Kemudian abu diayak (-40+60 mesh) untuk mendapatkan abu yang dengan diameter partikel yang lebih kecil.

Pencampuran padat cair dilakukan dengan perbandingan 1 : 6. Sebanyak 178,33 gram *fly ash* dicampurkan dengan 1 liter larutan NaOH 2N. Campuran tersebut dimasak di dalam reaktor 2 liter yang dirangkai dengan pengaduk dan kondenser pada suhu 105°C serta kecepatan pengadukan 500 rpm selama 4 jam. Setelah dipanaskan, larutan dibiarkan dingin dan kemudian disaring untuk memisahkan filtrat dan *cake*. Filtrat yang dihasilkan

yaitu natrium silikat dan digunakan sebagai sampel untuk tahap presipitasi.

Larutan natrium silikat (Na_2SiO_3) sebanyak 900 ml dimasukkan ke dalam gelas kimia 1000 ml, diaduk dan dipanaskan dalam *Waterbath*. Variabel tetapnya yaitu suhu yaitu 95 °C, Kecepatan pengadukan 100 rpm, dan dengan penambahan HCl 10 N hingga mencapai pH 8,5. Pada pH 8,5 larutan membentuk endapan. Endapan yang terbentuk tersebut dicuci dengan aquades, setelah itu dikeringkan di dalam oven pada suhu 200 °C.

Sumber Alumina berupa natrium aluminat merupakan campuran $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan NaOH. Natrium aluminat dibuat dengan cara melarutkan 109,5 gr NaOH dalam 1000 ml aquades, ke dalam larutan tersebut dimasukkan sebanyak 76 gr $\text{Al}(\text{OH})_3$ sambil diaduk. Setelah semua $\text{Al}(\text{OH})_3$ larut kemudian didiamkan hingga terbentuk endapan. Endapan kemudian disaring dan dipanaskan dalam oven sampai kadar airnya konstan [Zahrina dkk, 2006].

Sintesis ZSM-5

Sintesis ZSM-5 dilakukan dengan cara melarutkan 1,9 gram natrium aluminat dicampur dengan 105 ml aquades (suspensi 1). Abu sawit yang telah dikonversi menjadi silika terpresipitasi sebanyak 25 gram (sesuai nisbah molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 30$) dicampur dengan 125ml aquades (suspensi 2). Suspensi 1 dicampur dengan suspensi 2 sehingga menjadi (suspensi 3). Selanjutnya ke dalam suspensi 3 ditambahkan 6,04 gram NaOH sehingga diperoleh nisbah $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 7,4. Dilakukan pengadukan selama 30 menit. Setelah itu dimasukkan

dalam autoclave pada suhu 175 °C dan waktu 18 jam. Padatan yang terbentuk dicuci dengan aquades. Padatan dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C selama 6 jam.

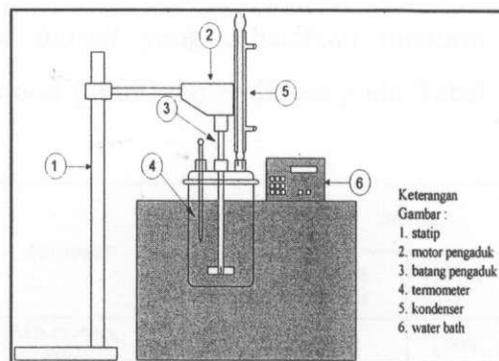
Sintesis HZSM-5

Pembuatan HZSM-5 dilakukan dengan cara yang sama seperti yang dilakukan Lacheen [2005]. Pembentukan HZSM-5 dilakukan dengan cara ZSM-5 dilakukan pertukaran ion dengan NH₄NO₃ dengan konsentrasi 0,5 M. Pertukaran ion ZSM-5 dengan NH₄NO₃ dilakukan pada suhu 80 °C, kecepatan pengaduk 100 rpm selama 12 jam. Untuk basis 10 gr ZSM-5 dilarutkan dengan 300 ml NH₄NO₃. HZSM-5 yang terbentuk disaring, dicuci dan dikeringkan pada suhu 90°C selama 24 jam. Kemudian HZSM-5 dikalsinasi pada suhu 500°C selama 5 jam.

Pirolisis Tks dengan katalis HZSM-5

Tandan kosong sawit yang telah dipotong kecil-kecil ± 5 mm ditimbang sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermal oil* (silinap) dimasukkan ke dalam reaktor

slurry dan ditambahkan 2% HZSM-5 dari berat tandan kosong sawit kemudian dilakukan pirolisis pada temperatur 290,300,310,320°C dan pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 180 menit. Gas Nitrogen dialirkan ke dalam reaktor dengan laju alir 1.3 mL/detik. Setelah *pyrolysis* dilakukan, dihasilkan uap organik yang dikondensasi menjadi *bio-oil*. Kemudian *bio-oil* ditimbang beratnya. *Bio-oil* yang diperoleh kemudian dikarakterisasi sifat-sifatnya. Karakterisasi yang dilakukan meliputi penentuan massa jenis, viskositas (ASTM D-445) dan titik nyala (ASTM D-92). Rangkaian alat proses pirolisis tandan kosong sawit menjadi *bio-oil* dapat di lihat pada-gambar.1



Gambar.1 Rangkaian alat proses pirolisis tandan kosong sawit menjadi bio-oil

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Temperatur terhadap yield bio oil

Variabel berubah temperatur yang dipilih pada penelitian ini yaitu temperatur 290°C-320°C. Pemilihan temperatur minimum 290⁰ didasarkan pada penelitian pendahulu dimana pada temperatur di bawah 300⁰C proses *pyroliisis* sudah menghasilkan *bio-oil* dan pada rentang temperatur tersebut

komponen kimia dari TKS sudah dapat terdekomposisi, sedangkan pemilihan suhu maksimum 320⁰C (jauh dibawah suhu operasional silinap 280 M yang suhu kerjanya 380⁰C) bertujuan untuk memastikan tidak terjadi *cracking* pada *thermo-oil*. Sebelumnya telah dilakukan penelitian pendahuluan dengan cara

pemanasan silinap 280 M dengan menambahkan katalis 1 gram HZSM-5 selama 4 jam pada suhu 340°C dialiri gas nitrogen seperti pada proses *pyrolysis* dan sama sekali tidak menghasilkan kondensat. Dari gambar 2 dapat dilihat hasil optimum *yield bio-oil* pada variasi temperatur 320 °C cukup tinggi dibandingkan dengan temperatur 290°C, 300°C, dan 310°C. Persentase *yield bio-oil* yang dihasilkan pada temperatur 290°C, 300°C, 310°C dan 320 °C berturut-turut adalah 59.4%, 63.6%, 70.4% dan 73.6%. Hal ini disebabkan temperatur reaksi sangat mempengaruhi terhadap hasil *bio-oil*. Semakin tinggi temperatur reaksi maka pembentukan *bio-oil* juga semakin besar, sesuai dengan teori reaksi kimia, dimana kecepatan reaksi akan naik dengan naiknya temperatur. Secara teoritis, *yield bio-oil* akan meningkat dengan meningkatnya temperatur dan arang akan berkurang dengan menurunnya temperatur. Produk *pyrolysis* diperoleh dari hasil reaksi dekomposisi senyawa-senyawa yang terkandung di umpan. Laju reaksi

dekomposisi meningkat seiring dengan peningkatan temperatur dan kandungan air serta senyawa-senyawa *volatile* akan teruapkan secara cepat dengan jumlah yang lebih besar pula.

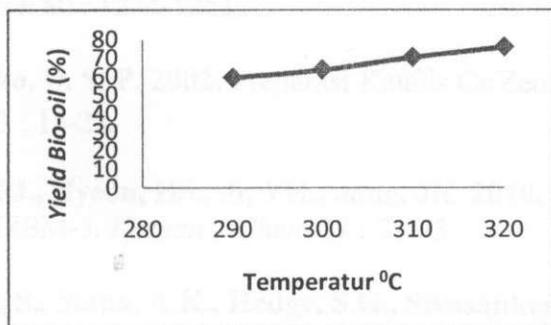
a. **Karakterisasi bio oil secara fisis**

Bio-oil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi sifat-sifatnya secara fisika dan kimia. Karakterisasi fisika yang dilakukan meliputi penentuan massa jenis, viskositas dan titik nyala, sedangkan kimia dilakukan dengan metoda GC-MS. Berikut ini hasil karakterisasi secara fisika menggunakan katalis HZSM-5 2% dari berat biomassa yang dibandingkan dengan standar *bio-oil* yang dihasilkan menurut smallwood [2009] dapat dilihat pada Tabel 1.

No	Parameter	Standar <i>Bio-oil</i> (Smallwood.2008)	<i>Bio-oil</i>	
			Tanpa Katalis	HZSM-5
1	Massa Jenis, gr/ml	0.94-1.2	1.001	1.008
2	Viskositas, Cp	10-150	17.40	12.53
3	Titik Nyala, °C	48-55	51	49

Tabel 1 Hasil perbandingan karakterisasi sifat bio-oil standar dengan bio-oil Pirolisis katalis HZSM-5

- Yield bio oil yang terbesar dihasilkan pada suhu 320°C yaitu 73,6%.
- Katalis HZSM-5 mempengaruhi karakteristik bio oil yang dihasilkan.
- Karakteristik *bio-oil* hasil *pyrolysis*



Gambar.2 Yield bio-oil Versus Temperatur

KESIMPULAN

- Kenaikan temperatur mempengaruhi yield bio oil

5. TKS menggunakan katalis HZSM-5 12.63 cp, titik nyala 49⁰ C
antara lain: densitas 1.008 gr/ml, viskositas

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, K., 2009. Pembuatan ZSM-5 dengan Menggunakan Silika Terpresipitasi dari Abu Sawit. *Laporan Penelitian*. Pekanbaru : Univesitas Riau.
- Ansori, J. 2009. Siklisasi Intramolekuler Sitronelal Dikatalis Zeolit dan Bahan Mesoporus. *Jurnal Ilmiah*. Bandung : Universitas Padjadjaran.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. 2010. Perkebunan. <http://riau.bps.go.id/publikasi-online/riau-dalam-angka/perkebunan.html-0>(19 September 2010).
- BP Statistical Review of World Energy. 2010. Review of World Energy. <http://www.bp.com/statisticalreview> (19 September 2010).
- Biomass Technology Group. 2004. Flash pyrolysis. [http:// www.btgword.com/ technologies/pyrolysis.html](http://www.btgword.com/technologies/pyrolysis.html). (02 February 2009).
- Carlson, R., Vispute, P., dan Huber, W. 2008. Green Gasoline by Catalytic Fast Pyrolysis of Solid Biomass Derived Compounds. *ChemSusChem*, Hal 397- 400, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Chorkendorff, I., dan Niemantsverdriet, J. 2003. *Concepts of Modern Catalysis and Kinetics*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2006. Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Fayyub, AG., Aguayo., Atutxa., Valle., Bilbao. 2005. Undesired Components in the Transformation of Biomass pyrolysis Oil into Hydrocarbons on an HZSM-5 Zeolite Catalyst. *Ind Eng Chem* 80 : 1244-1251.
- Handoko, D. S. P. 2002. Preparasi Katalis Cr/Zeorlit Melalui Modifikasi Zeolit Alam. *Jurnal Ilmu Dasar* 3 : 15-23.
- Hyun, PJ., Hyeon, HS., Ji, YH., Jong, JK. 2010. Catalytic Pyrolysis of Japanese Larch Using Pent HZSM-5. *Korean J Chem* 27 : 73-75.
- Jumar, S., Sinha, A.K., Hedge, S.G., Sivasanker, S. 1999. Influence of Mild Dealumination on Physicochemical, Acidic and Catalytic Properties of HZSM-5. *Journal of Molecular Catalysis* 154 : 115-120.
- Maacheen, Howard., Iglesia, Enrique. 2005. Stability, Structure, and Oxidation State of Mo/HZSM-5 Catalyst During Reaction of CH₄-CO₂ Mixtures. *Journal of Catalysis* 230 : 173-185.